

**AUTOMATIZACION INDUSTRIAL EN LA EMPRESA MULTINACIONAL
TENARIS
CENTRO DE PRODUCCIÓN TUBOCARIBE**

**SEBASTIÁN SOLANA SOLARTE
GLENDER JAY VEGA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MINOR DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
Cartagena, D. T. y C.
2008**

**AUTOMATIZACION INDUSTRIAL EN LA EMPRESA MULTINACIONAL
TENARIS
CENTRO DE PRODUCCIÓN TUBOCARIBE**

**SEBASTIÁN SOLANA SOLARTE
GLENDER JAY VEGA**

**Monografía para optar al título de
Minor en Automatización Industrial**

**Director
EDUARDO GÓMEZ VÁSQUEZ
M. Sc.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MINOR DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
Cartagena, D. T. y C.
2008**

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	5
INTRODUCCIÓN	7
AGRADECIMIENTOS	8
1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	9
1.1. ORIGEN DE LA MULTINACIONAL	9
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
1.3. EL CENTRO DE PRODUCCIÓN TUBOCARIBE	11
2. METODOLOGÍA	15
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL ESTUDIADO	17
3.1 FORMADO	18
3.1.1 Materia Prima	18
3.1.2 Unión y soldadura	19
3.1.3 Recalcado y Roscado	20
3.1.4 Revestimiento	21
3.2 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	22
3.2.1 Austenización	22
3.2.2 Normalizado	24
3.2.3 Apagado	24
3.2.4 Temple	25
3.2.5 Enderezado	26
3.3 INSPECCIÓN	27
3.3.1 Pruebas destructivas	28
3.3.2 Pruebas no destructivas	28
3.3.2.1 Inspección visual	28

3.3.2.2	Inspección Electromagnética	29
3.3.2.3	Prueba de Ultrasonido	29
3.3.2.4	Prueba Hidrostática	29
4.	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	31
4.1.	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ACTIVOS DE PLANTA	32
4.1.1.	Operación, mantenimiento e ingeniería de proceso	32
4.1.2.	Actualización tecnológica, ajuste, fallas	33
4.1.3.	Buses de campo e instrumentación inteligente	34
4.2.	ROL DE LOS OPERADORES	35
4.2.1.	Operadores, operario-ingeniero, supervisión	36
4.3.	EFICIENCIA EN INGENIERÍA	36
4.3.1.	Información de ingeniería, simulación y análisis	36
4.4.	IMPACTO AMBIENTAL	37
4.4.1.	Seguimiento emisiones, proyectos, costos ambientales	37
4.5.	CONTROL AVANZADO	38
4.5.1.	Actualización, proyectos control avanzado, convenios	39
4.6.	ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN	39
4.6.1.	Sistemas integrados de información, ERP, IMS, MES	40
4.7.	SEGURIDAD INTEGRADA	40
4.8.	INSTRUMENTACIÓN MANEJADA	41
5.	PROBLEMÁTICAS Y POSIBLES SOLUCIONES A NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO ESTUDIADO	45
5.1.	ROL DE LOS OPERADORES	46
5.2.	CONTROL AVANZADO	47
5.3.	ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN	48
6.	PERFIL DEL PROFESIONAL DE LA AUTOMATIZACIÓN	49
7.	CONCLUSIONES GENERALES	54
8.	BIBLIOGRAFÍA	56
8.1.	CLÁSICA	56
8.2.	SITIOS WEB	56

GLOSARIO

Austenita: Una de las formas de ordenamiento de los átomos de hierro y carbono. A este estado del hierro se le conoce también como austenita.

Casing: Tubería para cubierta, es aquella empleada en soportes y estructuras.

ERP: Enterprise Resource Planning. Es un sistema de planeamiento de recursos de la empresa, que utiliza un sistema de administración de información.

ERW: Electric Resistance Welding (Soldadura de resistencia eléctrica).

Eutectoide: Característica del acero cuando su aleación contiene 0.77% de carbono.

Hipereutectoide: Se le denomina de esta manera al acero que tiene en su aleación un contenido de carbono mayor al del acero eutectoide. Su contenido de carbono estará entre el 0.77% y el 2%.

Hipoeutectoide: Se le denomina de esta manera al acero que tiene en su aleación un contenido menor de carbono que el acero eutectoide.

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos).

IMS: information Management System (Sistema de Administración de Información)

ISA: Internacional Society of Automation (Sociedad Internacional de Instrumentación y Automatización)

ISO 14000: Sistema de gestión ambiental para entornos empresariales.

Martensita: Estado al que llega la austenita luego de un enfriamiento rápido. Es la estructura que le da mayor rigidez al acero.

MES: Manufacturing Execution System.

Tubing: Tubería en general.

INTRODUCCIÓN

Cartagena en la actualidad cuenta con un sector industrial amplio dentro del cual funciona una variedad de empresas principalmente de mediano y gran tamaño, en muchas de ellas existen procesos industriales que involucran tareas repetitivas, sistemas de control y comunicaciones industriales. Obedeciendo al desarrollo tecnológico y a la necesidad empresarial de competitividad y eficiencia, cada industria que tenga las características anteriormente dichas, deberá tener en teoría un sistema de control y una línea de producción automatizada acorde con sus exigencias que le permita satisfacer sus necesidades empresariales y por ende las del usuario. Este sistema, aparte de ser un tema interesante, es un motivo de estudio que necesita un balance entre la teoría y la práctica, y mediante este estudio en particular, se podrá establecer adicionalmente un balance entre la teoría y la realidad de este tema en Cartagena, específicamente en la empresa Tenaris. Ésta es una multinacional dedicada a la producción y provisión de tubos y servicios para la industria energética mundial, así como para otras aplicaciones industriales. Por ende la demanda para esta industria es gigantesca, además de que uno de sus objetivos a nivel de empresa es acortar el tiempo de respuesta de sus clientes al mercado, lo cual hace suponer que por lo anterior y por la infinidad de aplicaciones de sus productos, Tenaris requiere de una gran línea de producción donde algunos de sus procesos estén automatizados y/o controlados. Desde un punto de vista general, se logrará no solamente identificar en la realidad tópicos estudiados sino analizar ciertas problemáticas que puedan existir y que puedan no satisfacer las necesidades de la industria a nivel de control y automatización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

José Luis Cantillo, Ingeniero especialista en Gerencia de Proyectos, de Tenaris TuboCaribe S.A., por brindarnos la mejor atención y su valioso tiempo para guiarnos e informarnos en las operaciones del centro de producción.

Eduardo Gómez Vásquez y José Luis Villa, Directores del presente estudio, por su valiosa guía y apoyo constante.

Personal operativo Tenaris TuboCaribe, por describirnos sus funciones de trabajo en el centro de producción.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Tenaris S.A., es una empresa metalúrgica dependiente del grupo empresarial Argentino Techint, que fabrica tubos de acero con o sin costura para la industria del petróleo. Actualmente la multinacional es líder en la producción de tubos y servicios para la industria energética del mundo, y de igual manera para otras aplicaciones industriales. Además de su conocida producción de tubing, se destaca también por la producción de casing además del servicio ofrecido para instalarlas. Tenaris desarrolla también accesorios y productos tales como conexiones de tubing, codos, varillas para bombeo, cuplas, cilindros almacenadores de gases a alta presión, coiled tubing para aplicaciones subterráneas, y otra diversidad de productos aplicados para diversas industrias, como se mencionó anteriormente. Cada uno de estos productos puede ser modificado y fabricado específicamente de acuerdo a la necesidad de un cliente.

1.1. ORIGEN DE LA MULTINACIONAL

El surgimiento de Tenaris data del año 1948, con la constitución de una fábrica productora de tubos en Argentina, la actual planta Siderca. Tenaris fue creciendo orgánicamente en ese país, adquiriendo después a Siat, un fabricante argentino de tubos de acero con costura. A principios de los años 90, comenzó a evolucionar a una empresa global por medio de inversiones estratégicas que involucraron a Dalmine, productor italiano de tubería de acero sin costura; y Tamsa, el productor mexicano de este tipo de tubería. Así se consolida de acuerdo a los nombres de

las plantas, el grupo empresarial DST¹, el cual fue sumando otras como la venezolana Tavsa en 1996, productora de tubos de acero sin costura; la brasileña Confab productora de tubos de acero con costura en 1999, y en el año 2000 adquiere al productor japonés NKK Tubes, y a la planta canadiense Algoma Tubes, ambos productores de tubería de acero sin costura. Para ese entonces el grupo DST recibió además de las producciones, mucha tecnología de punta proveniente especialmente de NKK Tubes. El 30 de abril de 2001 DST anuncia oficialmente su cambio de nombre por la marca Tenaris, expandiéndose posteriormente a la planta líder en Rumania, Silcotub; en el 2004.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Tenaris, desde entonces, es la multinacional líder en producción de tubing con y sin costura, además de los otros productos, servicios y accesorios que puede ofrecer. Su lista no terminaría puesto que en numerosas ocasiones se fabrica el tubo, el accesorio o la estructura de acuerdo a la necesidad del usuario.

Su cantidad de producción anual puede llegar a las 6 millones de toneladas en tubos, empleando a un total de 23.500 personas. Cabe destacar que estas cifras fueron obtenidas por Tenaris en mayo del 2007². Obedeciendo a su política de desarrollo y eficiente servicio al usuario, cuenta con centros de investigación y desarrollo, de terminación y servicio, producción de equipos controladores de presión y oficinas comerciales.

A nivel mundial esta empresa brinda sus productos a las industrias petroquímica, automotriz, oleoductos y pozos petroleros, además de los accesorios fabricados.

¹ Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tenaris>

² Recurso Web: javascript:winopen('/TenarisTamsa/es/flash/flash.aspx',720,540,'no')



Figura 1. Cobertura global de Tenaris.

Fuente: <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB344.pdf>

A través de su extensa red mundial Tenaris puede tener un proceso integrado de fabricación para algunos de sus productos, tales como las varillas de bombeo y cuplas, que parten desde la misma creación del acero.

1.3. EL CENTRO DE PRODUCCIÓN TUBOCARIBE

Tenaris continuó su proceso de expansión después de haberse consolidado como multinacional. En Julio de 2006 adquiere a la compañía estadounidense Maverick Tubes, como estrategia para entrar de lleno en el mercado de Estados Unidos y Canadá. Maverick era uno de los principales productores de tubos con costura para la industria norteamericana del petróleo, con una producción anual de 2 millones de toneladas en tubos repartidas en 12 plantas, nueve estadounidenses, una canadiense y dos colombianas. El grupo Techint al adquirir la compañía

Maverick amplía sus posibilidades de aplicaciones para ofrecer materiales a pozos petroleros poco profundos hasta los ubicados en aguas profundas, en plataformas marítimas.



Figura 2. Aspecto externo de la planta TuboCaribe.

Tenaris desde aquel entonces se hace acreedora a las plantas de Maverick, incluida una colombiana, previamente adquirida por la empresa estadounidense para fines de expansión en Latinoamérica. Esta planta en Colombia fue TuboCaribe, ubicada en Cartagena de Indias en el Parque Industrial y Tecnológico Carlos Vélez Pombo, Km. 1 de la vía a Turbaco. Con la llegada de Tenaris inició un proceso de evolución que continúa aún por estos días, ya que la planta sólo tiene hasta la fecha de elaborado este estudio, cerca de dos años de estar funcionando para la multinacional. Actualmente TuboCaribe es el único centro de producción de Tenaris en Colombia, y como tal contribuye al desarrollo de la industria energética local. Además exporta la mayoría de sus productos al resto de América.



Figura 3. El centro de producción adquirió un área de aproximadamente 30 hectáreas para sus plantas, el cual también ha ido ocupando con lugares para embalaje de tubería.

Es una planta pequeña, según los ingenieros consultados. Su capacidad de producción anual ronda de las 100.000 a las 150.000 toneladas en tubos de acero con costura (solamente fabrica tubería con costura), en comparación a una producción típica de 800.000 hasta 1.000.000 de toneladas anuales que puede tener cualquiera de las plantas más representativas de Tenaris.

Tenaris TuboCaribe cuenta dentro de sus instalaciones con una serie de plantas de proceso o secciones a las cuales puede llegar un tubo formado, o la materia

prima, dependiendo de las necesidades de un usuario. Hasta la fecha de elaboración de este estudio cuenta con las siguientes:

- 2 Plantas de Formado
- 3 Plantas de Tratamientos térmicos
- 2 Áreas para Inspección
- 3 Líneas de Roscado
- 1 Planta de Recalcado
- 1 Planta de Revestimiento
- 1 Planta para corte de rollos de acero (láminas o placas)
- 1 Miniplanta para tubería galvanizada

Su recurso humano está conformado por aproximadamente 1.200 personas. De todas ellas cerca de 300 constituyen el personal administrativo, unas 800 ubican su labor en campo y el grupo restante lo conforma personal contratista.

2. METODOLOGÍA

Si bien el objetivo del proyecto “Estado del arte de la automatización en Cartagena de Indias” es comprender la realidad de este tema en la ciudad, especialmente en grandes empresas de los sectores industriales; el presente estudio, el cual hace parte del proyecto; busca entender un poco más la automatización industrial en la empresa Tenaris, centro de producción TuboCaribe. Es de suponer que un acercamiento a sus instalaciones es más que primordial; sin embargo, obedeciendo a las políticas internas de la empresa existen muchas limitantes que se fueron generando durante el desarrollo del presente estudio. Es fácil deducir que la información a obtener podría ser comprometedor para la empresa, para lo cual se estableció desde el primer contacto un cronograma, acerca de los temas a tratar; además de hacer claridad, en compañía de nuestro director; en que la empresa tiene total libertad para permitirnos o no, elaborar un estudio.

En primer lugar se comenzó por analizar el llamado “documento maestro”, del estado del arte de la automatización en Cartagena, autoría de José Luis Villa Ph.D., dentro del cual están una serie de preguntas que permiten indagar este tema en una empresa en particular. Mediante consultas con el director, se entendió que dichas preguntas obedecen a una encuesta formal desarrollada por la ISA (Instrumentation, System and Automation Society), cuyo documento, traducido por la universidad, también fue facilitado. Desde entonces el primer paso sería realizar estas encuestas a personal de la automatización en Tenaris.

Con la debida autorización, se programó una serie de 5 citas realizadas entre Junio y Julio del 2008, en compañía del Ingeniero José Luis Cantillo. La visita a la planta se llevó a cabo en la primera cita, en las posteriores se realizaron las encuestas y el estudio, éste último de una forma indagada, mediante charlas directas (algunas veces cortas) con los ingenieros. La información suministrada nunca cambió su forma de transmisión.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

Los tubos con costura producidos en el centro de producción TuboCaribe recorren varios procesos dentro de la planta antes de su entrega final. Se había mencionado anteriormente que puede ingresar un tubo ya hecho para realizarle modificaciones o tratamientos, o bien la materia prima para elaborar uno nuevo. El proceso a describir consiste en este último, que si bien no es el único, es el más frecuente en la planta y la mayoría de sus etapas se aplican en otros de los procesos.

De manera general, la fabricación de una tubería nueva de acero con costura en la planta TuboCaribe consiste en tres etapas:

- **Formado:** Se le llama a la elaboración geométrica del tubo, sin tratamientos ni modificaciones de ninguna especie. Se le llama 'tubo virgen'.
- **Tratamientos térmicos:** Etapa donde se realizan tratamientos de temperatura a los tubos para darles determinadas características al acero, especificadas de acuerdo a la línea de producción y la necesidad de algún usuario en particular.
- **Inspección:** Etapa final en donde se verifican en el producto los parámetros de fabricación establecidos, a la vez se realizan una serie de ensayos como pruebas y control de calidad.

3.1. FORMADO

El formado de un tubo con costura consiste en el doblado de una lámina de acero, y la soldadura de sus bordes. Las variaciones en esta etapa se deben principalmente al diámetro del tubo a elaborar y al corte del acero. Esta etapa de formado se puede dividir en las partes explicadas a continuación, según el orden en las cuales éstas se ejecutan.

3.1.1. Materia prima

La materia prima utilizada en el centro de producción TuboCaribe consiste en acero, la mayoría de los casos presentados en rollos que serán cortados para formar las láminas o placas que constituirán cada tubo. Toda la materia prima entrante a este centro de producción es previamente adquirida. Tenaris cuenta a nivel mundial con plantas de producción de acero, las cuales no solamente elaboran el material, sino que también recolectan sus componentes en su presentación natural y lo tratan en un proceso o etapa adicional que es por supuesto previa a la fabricación del acero. Mediante estos procesos de producción Tenaris posee una elaboración integral de muchos de sus productos (se le llama ciclo integrado). Como el presente estudio sólo abarca a TuboCaribe, haremos énfasis desde la materia prima entrante, ya lista (rollos de acero, bobinas), para los procesos que existen en este centro de producción.

Cada lámina de acero que entra a la planta se almacena. El proceso de producción en TuboCaribe empieza cuando una de ellas se desenrolla a través de un rodillo. Dos bandas laterales la centran y posteriormente en la planta de corte se especifican el diámetro y la longitud de cada tubo. Generalmente los tubos se fabrican con una longitud de 12 metros. Éstos, son hechos de acuerdo a su diámetro, en un rango que va desde tubos de 2 pulgadas hasta 9 pulgadas, un

segmento pequeño en cuanto al tamaño, considerando que se pueden fabricar típicamente desde ½ pulgada hasta 28 pulgadas.

A medida que la lámina va avanzando, una serie de rodillos ubicados en el centro irán ejerciendo presión gradualmente en la lámina para que vaya adquiriendo una forma de U. Esta línea de producción también ajusta los bordes de la lámina para que se vayan acercando, describiendo una forma más circular de ésta.

3.1.2. Unión y soldadura

El formado geométrico del tubo con costura se lleva a cabo en esta etapa. Las láminas de acero previamente adquiridas, han sido dobladas longitudinalmente para formar el tubo. Sus bordes se calientan y posteriormente se unen mediante soldadura de resistencia eléctrica. La ‘cicatriz’ generada por esta soldadura constituye la costura del tubo.

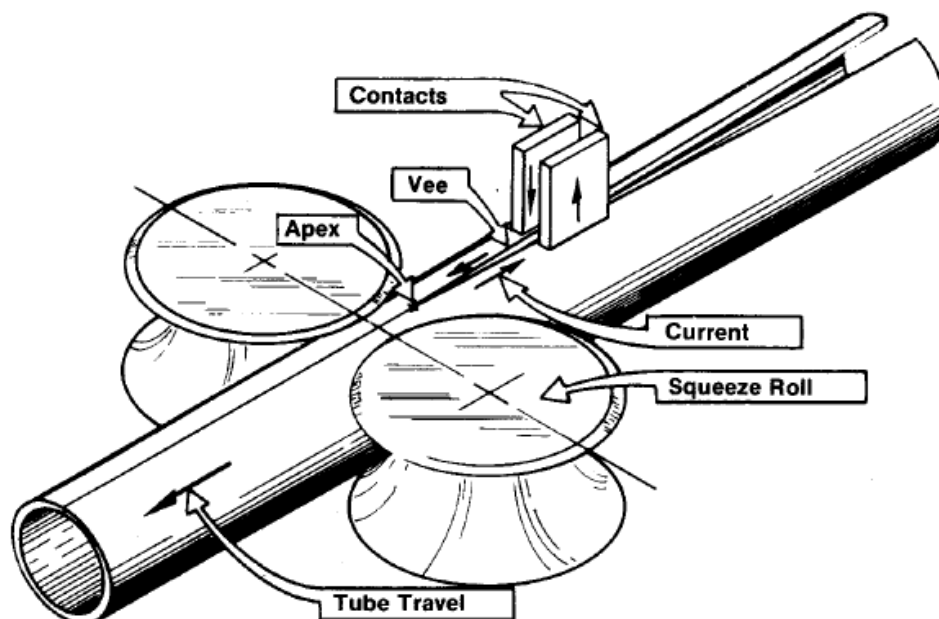


Figura 4. ERW (Electric Resistance Welding).

Fuente: <http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/T-067.pdf>

A este método de soldadura se le llama ERW (Electric Resistance Welding). Se caracteriza por ser realizada longitudinalmente en el tubo, además de que la corriente suministrada al material es de alta frecuencia, por lo cual al método se le llama específicamente HF-ERW (High Frequency Resistance Welding). Es uno de los métodos más usados para obtener tubería con costura de alta calidad, utilizada en la industria energética, donde será puesta a condiciones de alta presión, bajas temperaturas, entre otras.

El objetivo de la corriente eléctrica a alta frecuencia (del orden de los 300 a 400 kHz.)³ suministrada por los electrodos, es calentar los bordes en la abertura en forma de 'V' de manera muy rápida (en fracciones de segundo), para que inmediatamente después los rodillos compresores (squeeze roll) junten totalmente los bordes y se produzca la fusión del material en ellos. Estos rodillos son ajustables, de acuerdo al diámetro del tubo a formar. El material excedente de soldadura dentro y fuera del tubo es removido fácilmente, aprovechando que aún se encuentra a alta temperatura.

A nivel Tenaris (en otras de sus plantas) podemos encontrar otros procesos de soldadura como la de arco sumergido, cuya característica primordial es la de realizar la soldadura tanto fuera como en la parte interna del tubo.

3.1.3. Recalcado y Roscado

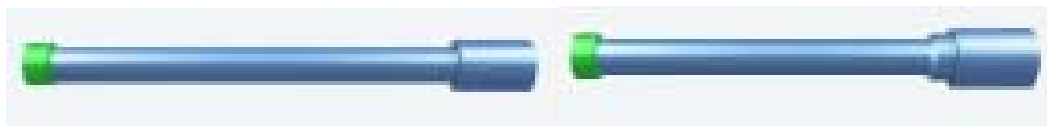
Los tubos de diámetro relativamente pequeño llegan a un proceso de recalcado, es decir, un ensanchamiento de sus bordes para colocarle un roscado, la función del ensanchamiento es impedir la reducción del diámetro del tubo debido a la presencia de la rosca.

³ Recurso Web: <http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/T-067.pdf>



Figura 5. Línea de recalcado.

Fuente: <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB282.pdf>



a.

b.

Figura 6. Tubería de producción a) Sin recalcado b) Con recalcado

Fuente: <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB282.pdf>



Figura 7. Roscado

Fuente: <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB282.pdf>

3.1.4. Revestimiento

Todas las plantas de Tenaris fabrican productos que se utilizarán en ambientes especiales, y aplicaciones diferentes donde estarán expuestos a condiciones de intemperie que pueden deteriorar el tubo. El revestimiento de una tubería constituye una protección anticorrosiva en la totalidad de la superficie, interna y externa; y que puede ser de materiales como latón, entre otros.

3.2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Se conoce como **tratamiento térmico** el proceso al que se someten los metales con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la tenacidad. Los materiales a los que se aplica el tratamiento térmico son, básicamente, el acero y la fundición, formados por hierro y carbono. Por tal caso en esta etapa se explica detalladamente el proceso que se lleva a cabo para comprobar las características mecánicas del tubo a través de un tratamiento térmico, el cual conlleva a alterar las propiedades del acero sometiéndolo a distintas temperaturas. Luego los tubos se refrescan con el fin de producir transformaciones en la forma estructural lo cual impartirán las características deseadas del mismo. Para llevar a cabo este proceso se tienen en cuenta las siguientes etapas:

3.2.1 Austenización (Austenizing)

La austenita es una forma de ordenamiento distinta de los átomos de hierro y carbono. Ésta es la forma estable del hierro puro a temperaturas que oscilan entre los 900 a 1400 °C.



Figura 8. Tubería en un horno de austenización.

Fuente: <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/a37/a37b.html>

Es la forma cúbica centrada en las caras (FCC) del hierro. También se le conoce como austenita. Admite el temple, mas no es magnético.

La estructura cristalina de la austenita es del tipo cúbica, de caras centradas, en donde se diluyen en solución sólida los átomos de carbono en los intersticios, Esta estructura permite una mejor difusión con el carbono, acelerando así el proceso de carburación del acero.

La austenita no es estable a temperatura ambiente excepto en aceros fuertemente aleados como algunos inoxidable. La austenita es blanda y dúctil y, en general, la mayoría de las operaciones de forja y laminado de aceros se efectúa a aproximadamente los 1100 °C, cuando la fase austenítica es estable.

El propósito del paso por este proceso es calentar los tubos a una temperatura homogénea, la cual asegurará la transformación estructural de la austenita en martensita posteriormente. Para este proceso el horno tiene dos secciones:

1. La primera consiste en la zona de calentamiento, la cual eleva la temperatura de austenización o autenizado.
2. La segunda es una zona de remojo, la cual mantiene constante la temperatura de austenización durante cierto período de tiempo.

Se deben tener en cuenta ciertos factores para determinar el tiempo de calentamiento en el horno. Dentro de estos factores encontramos:

- Temperatura de salida
- Grosor de la pared del tubo
- Diámetro del tubo

3.2.2. Normalizado

El normalizado es un tratamiento térmico que se emplea para dar al acero una estructura y unas características tecnológicas que se consideran el estado natural o inicial del material que fue sometido a trabajos de forja, laminación o tratamientos defectuosos. Se hace como preparación de la pieza para el temple.

El procedimiento consiste en calentar la pieza entre 30 y 50 grados centígrados por encima de la temperatura crítica superior, tanto para aceros hipereutectoides, como para aceros hipoeutectoides, y mantener esa temperatura el tiempo suficiente para conseguir la transformación completa en austenita. A continuación se deja enfriar en aire tranquilo, obteniéndose una estructura uniforme.

Este proceso de tratamiento térmico consiste principalmente en aumentar la ductibilidad del acero. Es utilizado para la homogenización de la estructura del tubo. Se obtiene calentando el tubo hasta obtener dicha temperatura para luego ser refrigerado bajo otra temperatura de enfriamiento, generando cierta uniformidad en la microestructura del tubo, dureza y demás propiedades mecánicas.

3.2.3. Apagado (Quenching)

El proceso de apagado se lleva a cabo a través del acondicionamiento de aire rápido de 900 °C (1652°F) a temperatura de habitación.

Antes del enfriamiento del modulo principal, el tubo es examinado cuidadosamente y pasa por una alta presión de agua. La parte externa que apagan al tubo consisten de varios módulos compuestos por diversos anillos con boquillas tangenciales orientadas hacia el tubo.



Figura 9. Tubo saliendo de la etapa de quenching.

Fuente: <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/a37/a37b.html>

El enfriamiento rápido de este paso tiene como objetivo principal transformar los cristales de austenita en martensita, estructura que tiene el acero cuando está en su máxima dureza.

3.2.4. Temple (Tempering)

Después que se ha endurecido el acero es muy quebradizo o frágil lo que impide su manejo pues se rompe con el mínimo golpe debido a la tensión interior generada por el proceso de endurecimiento. Para contrarrestar la fragilidad se recomienda el temple del acero (en algunas partes a este proceso se le llama revenido y al endurecido temple). Este proceso hace más tenaz y menos quebradizo el acero aunque pierde algo de dureza. El proceso consiste en limpiar la pieza con un abrasivo para luego calentarla hasta la temperatura adecuada,

para después enfriarla con rapidez en el mismo medio que se utilizó para endurecerla.

El templado del acero se realiza en tres escalones: calentamiento a temperatura de temple, detención a esta temperatura y enfriamiento rápido. El temple se consigue al alcanzar la temperatura de austenización y además que todos los cristales que componen la masa del acero se transformen en cristales de austenita, ya que es la única estructura constituyente del material que al ser enfriado rápidamente se transforma en martensita, estructura que da la máxima dureza a un acero hipoeutectoide.

En caso del tubo, este es sometido nuevamente a una temperatura de temple inferior a la temperatura de transformación. El resultado es una temperatura de martinización con las propiedades mecánicas que varían según las temperaturas de temple diferentes a las que el material ha sido expuesto. Este proceso proporciona el tubo un aumento del diámetro medio y una posible transformación en su redondez.

3.2.5. Enderezado (Straightening)

El objetivo de este equipo es eliminar o quitar los defectos de rectitud que pudieron ser ocasionados por el proceso de tratamiento térmico. Reduciendo la ovalización y la curvatura.



Figura 10. Tubo en pleno enderezado.

Fuente: <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/a37/a37b.html>

La máquina de enderezado esta conformada por pares de rodillos enfrentados mutuamente, en donde este proceso se puede ejecutar bajo el frío o a temperatura caliente entre 450°C / 842°F, según las especificaciones del producto fabricado. A través del calor se elimina el residuo del tubo y minimiza la ovalización del mismo.

3.3. INSPECCIÓN

Como parte de todo proceso, se realiza una verificación del producto terminado, con el fin de buscar desperfectos y evaluar la condición de salida de cada tubo. No solamente se trata de verificar el buen estado y fabricación de la tubería, se trata de evaluar el desempeño y la confiabilidad de ellas, de acuerdo a la política de calidad de cualquier empresa.

La inspección es la etapa final donde se realiza desde una inspección visual hasta las diferentes pruebas que buscan verificar las características químicas y mecánicas establecidas para cada tubo. Los ensayos posteriores constituyen las pruebas destructivas y las no destructivas, éstas últimas inician desde que se realiza la inspección visual inicial para luego llevarlos a pruebas de inspección

electromagnética, de ultrasonido y presión hidrostática. Finalmente se realiza una limpieza al tubo.

3.3.1 Pruebas destructivas

Las pruebas destructivas buscan determinar principalmente las características mecánicas máximas de cada línea de producción. Se realizan no solamente con el objeto de verificar, sino de garantizar la calidad de cada una de ellas. Se seleccionan muestras de cada lote de producción para llevar a cabo estas pruebas.

3.3.2 Pruebas no destructivas

Como las pruebas no destructivas son las más comunes (realizadas a la totalidad de la producción), se hará un mayor énfasis en ellas.

3.3.2.1 Inspección visual

Previamente a cualquier otra clase de prueba, se realiza una inspección visual con el objetivo de verificar las condiciones del tubo más palpables. Mediante esta inspección inicial se buscan determinar la existencia de grietas, si el grosor es uniforme a lo largo del tubo, o determinar el grado de porosidad, etc. Las pruebas más especializadas como las siguientes, determinan características más intrínsecas.

3.3.2.2. Inspección Electromagnética

Esta prueba busca defectos en la superficie, que no se ven a simple vista pero que pueden causar con el tiempo una fatiga y posterior grieta indeseable. Se realiza mediante la magnetización del tubo, dentro de la cual el defecto se evidencia en una dispersión del flujo electromagnético. La posición de cada defecto la determina la dirección del flujo. Si el defecto es corregible se hace mediante pulido.

3.3.2.3 Prueba de Ultrasonido

Esta prueba utiliza sonido de alta frecuencia, para buscar los defectos en las superficies. La diferencia radica en el alto grado de precisión que puede tener la prueba, ya que también es utilizada para verificar características dimensionales y otros parámetros físicos del tubo. Tradicionalmente esta prueba consiste en medir la duración de un pulso ultrasónico en recorrer el material, reflejarse y volver. El pulso es generado en un transductor, y la posición de éste determina la dirección del pulso, con el fin de evitar la no detección de un defecto.

3.3.2.4 Prueba Hidrostática

La prueba hidrostática consiste en llenar dentro de una máquina el tubo con un fluido (usualmente agua), incrementarlo dentro del tubo hasta que alcance una presión específica. Ésta dependerá del tipo de acero, su espesor, el tipo de tubería y los estándares especificados para este tipo de pruebas. La presión de prueba siempre es mayor a la cual será sometida en la aplicación, y su duración es del orden de segundos. Si el tubo no cumple las especificaciones, la prueba hidrostática puede convertirse en una prueba destructiva.

Luego de efectuadas las pruebas, la tubería vuelve a ser inspeccionada visualmente. Características como el espesor y los cortes, son inspeccionados además de las mencionadas en la prueba inicial. Se realizan mediciones finales de peso y longitud, para ser especificados en el rótulo del tubo, el cual también especifica el tipo de tubería de acuerdo a un código de color situado en los bordes.



Figura 11. La tubería fabricada no supera las 9 pulgadas de diámetro. Su longitud generalmente es de 12m, para efectos de transporte.

4. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial de cualquier empresa busca solucionar o satisfacer las necesidades por medio de la implementación de tecnología. Cualquier problema de tipo control puede ser solucionado mediante una automatización de cierta etapa del proceso.

El objetivo de la investigación del estado del arte consiste principalmente en determinar la realidad de lo que puede ocurrir en una empresa en cuanto a soluciones de automatización. Es muy probable encontrar en cualquiera de ellas una solución no muy adecuada o que se haya implementado debido a factores determinantes como el económico. Bien sea por avance tecnológico o necesidad empresarial, es obvia la inversión que se necesita para lograr alguno de estos objetivos. Desde el punto de vista de una empresa existirán prioridades a la hora de destinar recursos o hacer inversiones, y ellas no siempre estarán enfocadas a la automatización o control de sus procesos, por lo cual podrían existir algunas necesidades presentes en la industria en particular.

Además, éstas soluciones tecnológicas solamente aplican a la automatización, instrumentación y control de los procesos de manufactura, pero poco dicen respecto a la interacción entre los procesos en planta y las demás unidades de la

empresa como financiera, planeación, ventas, o inclusive entre diferentes unidades de planta como mantenimiento y operación⁴.

Los factores mencionados a continuación constituyen el soporte para determinar la automatización industrial en la empresa Tenaris TuboCaribe. La información fue tomada durante las entrevistas.

4.1 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ACTIVOS DE PLANTA

Desde el punto de vista de funcionamiento del proceso, las tareas de mantenimiento y operación usualmente son consideradas como tareas y departamentos independientes, cada uno con objetivos propios. Desde el punto de vista de sistema, el objetivo de todos los procesos en la planta debe ser maximizar el beneficio de la empresa, y de esa forma no tiene sentido aislar operación, mantenimiento e ingeniería, si bien cada una de dichas secciones tiene requerimientos especiales⁴.

4.1.1 Operación, mantenimiento e ingeniería de proceso (funciones e interacción)

Las funciones de operación, mantenimiento e ingeniería de proceso en Tenaris TuboCaribe están muy relacionadas al cargo, pero principalmente se encuentran unidas al departamento responsable de llevar a cabo cada una de esas operaciones. La definición de estas funciones de manera general se puede establecer a través de ellos. Algunos de los departamentos, pertinentes en el

⁴ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

desarrollo de la producción, son los departamentos de ingeniería, mantenimiento y el departamento de calidad.

Cada uno de ellos se encarga de ciertas tareas específicas. Enumerarlas a todas ellas es muy difícil, sin embargo de manera general se pueden mencionar procedimientos diarios como revisión de objetivos, chequeo de medidores, tiempo de utilización y parada, cambio de herramientas, verificación de datos de indicadores. Existen unas tareas más intrínsecas y otras que no se ven pero que sin embargo permiten que las operaciones mencionadas en forma general puedan llevarse a cabo.

Ingeniería y mantenimiento constituyen dos departamentos independientes, desde un punto de vista general, por lo cual es claro que la interacción entre ellos y entre los departamentos restantes es conjunta. La función de cada departamento es vital para la producción. La interacción entre ingeniería, operación y mantenimiento se refleja en los datos que suministren los indicadores.

4.1.2 Actualización tecnológica, ajuste, fallas.

Tenaris TuboCaribe cuenta con programas oficiales de formación y actualización de operadores que principalmente están encaminados al aprendizaje detallado del proceso industrial. Los programas estandarizados de calibración y ajuste de instrumentos están contemplados dentro del programa de mantenimiento. La comparación se realiza con patrones propios, y los resultados son supervisados por el departamento de calidad. En cuanto a la mejora de los procesos, siempre se busca, principalmente en aquellos que son críticos, o vitales para la producción. Las fallas recurrentes en el proceso son identificadas de acuerdo a la máquina, debido a que el proceso es realizado directamente por ellas. Esta identificación de fallas es otra de las tareas realizadas por mantenimiento.

4.1.3 Buses de campo e instrumentación inteligente

La instrumentación inteligente como tal no se ha implementado en la planta, sin embargo está contemplada dentro de las inversiones, puesto que la infraestructura todavía está en crecimiento. Obviamente se deben tener identificadas las actualizaciones tecnológicas de instrumentos. La administración del mantenimiento, se realiza en base a un programa registro de SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos), un fabricante y proveedor de software empresarial, entre los cuales, provee software de planificación de recursos empresariales o ERP.

Los buses de campo instalados actualmente son DeviceNet y ControlNet. El uso de éstos buses de campo se evidencia en un sistema de captura de datos.

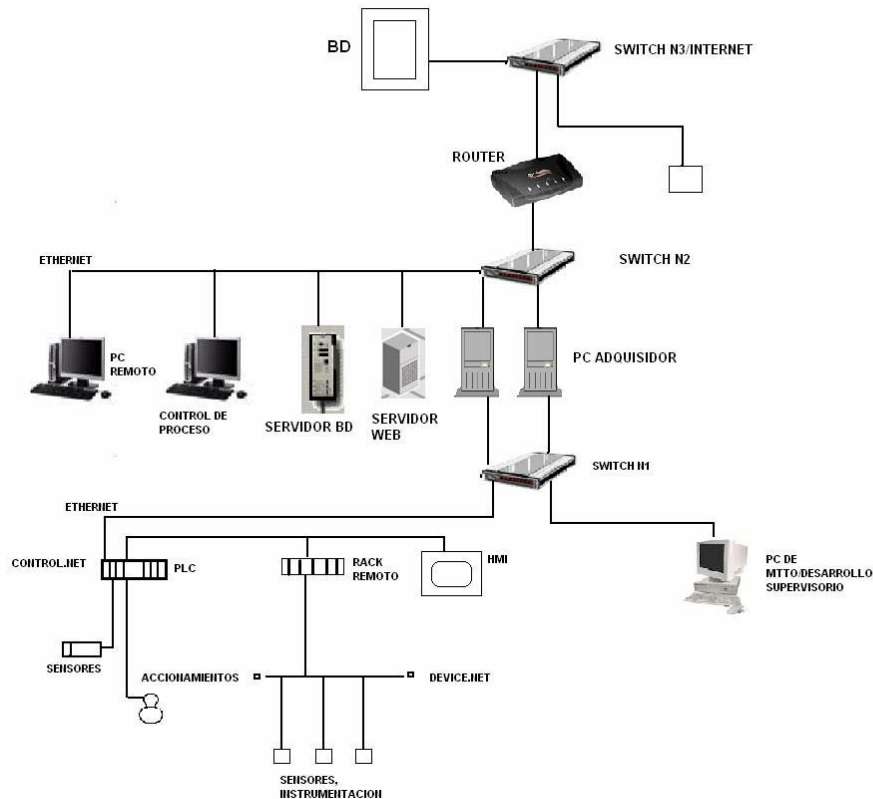


Figura 12. Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA), en Tenaris TuboCaribe.

El centro de producción TuboCaribe cuenta con un sistema SCADA muy orientado al manejo y adquisición de datos, necesario en una industria de producción constante. La redundancia se observa en la adquisición de datos, la cual comunica la capa de cliente donde se maneja la interfaz hombre máquina, con la capa de los servidores de datos a través de Ethernet. Este sistema SCADA responde principalmente a eventos en la producción que se traducen en diferentes repuestas dependiendo del punto de vista dentro del sistema. Durante las visitas al centro TuboCaribe se hicieron demostraciones de cómo pueden ser vistos los datos de la producción, en este caso se miró desde un servidor Web, el cual mediante Internet realizaba consultas sobre la totalidad de la producción, en el lapso de tiempo deseado. Las respuestas eran otorgadas en cifras verdes o rojas, que representan el límite entre la producción o no de ganancia para la empresa, respectivamente. Este punto es el más alto del sistema SCADA en el centro TuboCaribe, y es representativo para manejo de datos empresariales. La función de monitoreo también es muy notoria, debido a que una cámara, que constituye un elemento primario, puede ser vista desde uno de los terminales de la capa de servidores.

4.2. ROL DE LOS OPERADORES

Los operadores son las personas de la planta encargados de hacer que la planta opere en forma regular, evitando situaciones peligrosas y maximizando el tiempo de operación normal de la planta. En este sentido los operadores deben contar con las herramientas adecuadas para afrontar el día a día de la planta, mucho más que contar con mucha información que puede resultar confusa⁵.

⁵ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

4.2.1. Operadores, comunicación operario-ingeniero, supervisión.

Existen programas establecidos para detectar el origen de las fallas recurrentes. El programa interno de mantenimiento es el principal encargado. Los operadores pueden comunicarse con el grupo de ingenieros mediante los supervisores. Ellos constituyen el canal de comunicación formal hacia los ingenieros. Si los operadores necesitan cambiar el sistema de supervisión, siempre se puede hacer, siempre y cuando la inquietud siga el conducto y los operadores estén dispuestos a pagar por ello, si así se requiere.

4.3. EFICIENCIA EN INGENIERÍA

La sección de ingeniería tiene por objeto estudiar y promover la implementación de mejoras substanciales en los procesos de la planta para obtener condiciones de confiabilidad y seguridad mayores⁶.

4.3.1. Información de ingeniería, herramientas de simulación y análisis

Cada software, instrumentación y cada elemento propio de la planta se escoge pensando en el siguiente paso de la ingeniería. Los programas de análisis no solo permiten eso, sino el monitoreo constante y la toma de datos en tiempo real mediante plataformas. Ingeniería utiliza la herramienta de simulación Arena, un simulador de procesos industriales, que ayuda a predecir el impacto de una nueva implementación o idea, mucho antes de convertirla en realidad. La ingeniería desde entonces se vuelve más eficiente, para satisfacer el mercado muy variado que posee Tenaris.

⁶ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

La información que se obtiene es almacenada, principalmente los planos de ingeniería, pero ellos no muestran adicionalmente y de forma conjunta las actividades de operación y mantenimiento. Los planos de ingeniería pueden ser vitales, en cuanto a especificaciones utilizadas previamente, bien sea para repetir o mejorar diseños.

4.4. IMPACTO AMBIENTAL

Uno de los tópicos actuales mas reglamentados y de alto impacto en la ciudad de Cartagena, por su característica de ciudad turística y cultural, es el impacto ambiental⁷.

4.4.1. Seguimiento y control de emisiones, proyectos y costos ambientales

No se tiene certeza si la totalidad de los ingenieros y operadores conocen las normatividades para el cuidado y responsabilidad del medio ambiente. Sugieren que deben conocerlas, algunas como la ISO 14000. De igual manera se cree que los costos ambientales de la planta están dimensionados. Aunque no se tiene certeza, se afirma que deben estarlo.

El impacto notorio tanto para el personal de planta como para los ajenos a ella, es sin duda el ruido generado. Tenaris TuboCaribe ha contribuido mediante algunos apantallamientos a minimizar el ruido percibido en su vecino más cercano, la universidad Tecnológica. Sin embargo, a nivel interno de la planta el único control al ruido consiste en colocar llantas a las canastas de depósito, que sólo funcionan para los primeros tubos que caen. El posterior impacto de tubo contra tubo es

⁷ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

inevitable, para lo cual es deber de los operarios tener puestos los audífonos protectores. Como medida para reducir un poco la propagación del ruido, en la cerca de la fachada se ha sembrado vegetación alta, con la función de mitigar un poco el ruido para los transeúntes y lugares cercanos.

Como campaña interna para el cuidado del medio, se hacen controles acerca del uso y la disposición de materiales como el plástico y la madera. El control y seguimiento de emisiones contaminantes se les realiza al agua y el aceite, se monitorea el nivel de fluido utilizado. Básicamente estas serían las emisiones más controlables, puesto que una tercera se trata del CO₂ producido por los hornos, y este sale directo a la atmósfera.

La instrumentación relacionada con emisiones contaminantes, no aplica para el caso de esta planta. Los residuos de aceite, son almacenados en pozos, a la espera de su traslado para la deposición final. Las emisiones más contaminantes son el CO₂ de los hornos, y de vez en cuando el hecho de colocar barniz a una tubería, también se propaga en emisiones contaminantes a la atmósfera. Para reducir un poco este impacto existen proyectos de mejora en la combustión de los hornos.

4.5. CONTROL AVANZADO

El control avanzado de procesos es una de las tareas deseable cuando ya el proceso se encuentra en su punto de operación estable. El control avanzado tiende a ser una tarea riesgosa económicamente, ya que los ahorros de operación de planta en comparación con el costo de desarrollo de un proyecto de estas características no necesariamente cubrirían las expectativas de los gerentes de

planta. Aún así es un ítem importante en cuanto mide la capacidad de innovación de la empresa y la capacidad de desarrollo de la ingeniería de planta⁸.

4.5.1. Actualización, proyectos de control avanzado, convenios

A los ingenieros de planta se les brinda una formación que incluye tendencias y prácticas en técnicas de control avanzado, sin embargo esto no se manifiesta como una parte activa, puesto que los ingenieros de planta en general no están al tanto de los resultados actuales en control avanzado. A pesar de lo anterior, se realizan proyectos, actuales o futuros, en esta rama de control.

Tenaris como empresa realiza servicios con universidades, institutos, centros de investigación para evaluar no solamente proyectos de control avanzado de procesos, sino cualquier tema de interés general e importante para la formación. Las evaluaciones mencionadas, o el acercamiento realizado entre ambas partes; al realizarse como un servicio de Tenaris, no constituyen lo que es un convenio en sí.

Los ingenieros de planta no están afiliados a sociedades profesionales como IEEE o ISA.

4.6. ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN

La información generada en el piso de planta puede resultar poco legible para otras dependencias de la empresa. La calidad en la administración de la información es la que permite que personal como los vendedores puedan tomar

⁸ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

decisiones y negociar de acuerdo a la realidad de la planta. Lograr este nivel de toma de decisiones requiere una cultura organizacional adecuada y herramientas tipo ERP (Enterprise Resource Planning) que funcionen correctamente⁹.

4.6.1 Sistemas integrados de información, ERP, IMS, MES

En el centro de producción TuboCaribe los ingenieros de planta no están familiarizados con los conceptos ERP, IMS y MES. Al aclarar que básicamente son sistemas de administración de la información y recursos empresariales, se indagó que en la planta pueden estar trabajando los conceptos intuitivamente, a través del TMC (Tenaris Management Control), una plataforma que muestra la información deseada al ingeniero en forma de un vistazo general. El sistema SAP que se maneja en la planta, y que constituye básicamente un registro para el personal, puede constituir un sistema ERP, sin embargo, no se tiene claridad sobre qué software específico se está hablando, debido a que SAP también desarrolla software exclusivo. Este sistema SAP fue evaluado en su instalación, y tuvo éxito dentro del manejo de la información interna, aportando mucho en la cultura organizacional de la empresa.

4.7. SEGURIDAD INTEGRADA

La seguridad está tomando un rol importante en las empresas actuales, tanto por la problemática nacional e internacional como por los problemas propios de la

⁹ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

empresa a nivel de integridad física de los operadores, seguridad de los sistemas de planta, e integridad de los datos¹⁰.

El tema de la seguridad en la planta TuboCaribe es un tema cuidado, no es un tema que esté muy arraigado, tiene una dedicación normal, tanto en riesgos profesionales como en seguridad de la información. No hay certeza por parte de las fuentes consultadas sobre pruebas de vulnerabilidad, pero sí se tiene conocimiento de la alta seguridad en los datos, manifestados en el control y la censura de cada equipo de información.

4.8. INSTRUMENTACIÓN MANEJADA

El proceso industrial de Tenaris Tubocaribe es un proceso relativamente sencillo, es decir su nivel de complejidad no amerita la inversión en instrumentación inteligente y la instrumentación convencional existente no va más allá de los sensores y algunos actuadores. La maquinaria es adaptada y exclusiva para los procesos del centro de producción. Algunos instrumentos y principalmente ciertas variables de control revelaban detalles y ciertas exclusividades del proceso que por confidencialidad de la empresa no fueron suministrados. Para efectos de ilustrar el nivel de automatización, cabe describir algunos instrumentos y equipos que se alcanzaron a observar.

La válvula de admisión y expulsión de aire es utilizada en la prueba hidrostática. Cualquier cantidad de aire que pueda haber entrado mezclada con el líquido a la tubería durante la prueba hidrostática puede ser eliminada a través de su orificio para venteo, sin sobrepasar la presión diferencial permisible.

¹⁰ VILLA, José Luis. Guía: "Estado del Arte" de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

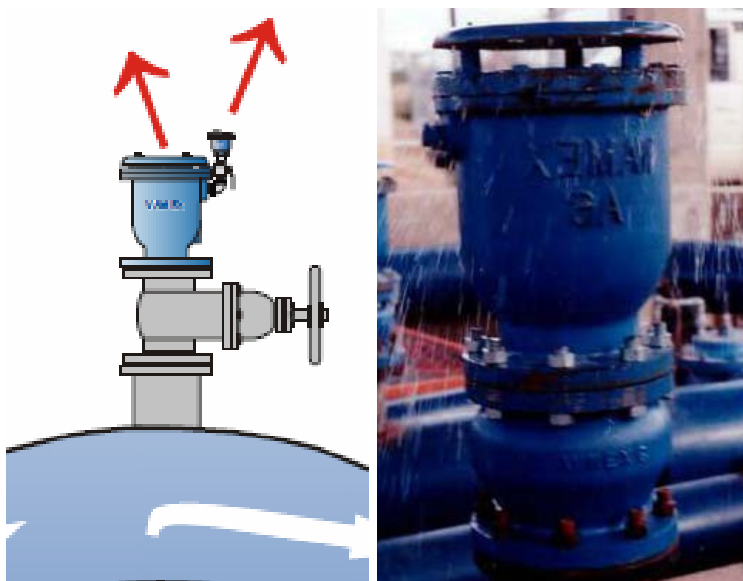


Figura 13. Válvulas de admisión y expulsión de aire.

Funciona a través de un mecanismo de brazo de palanca con una paleta que recibe la presión del fluido. Cuando el flujo va en la dirección del bombeado, el sello sube y cierra la válvula. Los sedimentos que puedan acumularse en el suministro de líquido a la tubería, son eliminados mediante válvulas de descarga ubicadas en la parte inferior.

Un equipo utilizado en la prueba de ultrasonido es el Krautkramer USIP 40.



Figura 14. Equipo Krautkramer para ultrasonido.

Puede ser conectado a un PC o aun Notebook mediante Ethernet, con el protocolo TCP/IP. Diseñado para brindar una interfaz gráfica amigable, administrar y almacenar los parámetros de ultrasonido requeridos. El método de detección es a través del eco, mediante pulsos de una repetición de hasta 20kHz.

El instrumento mas significativo del nivel 2 es el PLC para el caso de TuboCaribe. Muchas máquinarias tienen un PLC que controla variables como la selección de los rodillos en el formado del tubo en función de su diámetro y espesor de la lámina, la selección del rango de temperatura, tiempo y velocidad de apagado para el tratamiento térmico, entre otras.

La mayoría de los PLC en Tenaris TuboCaribe son de la marca Allen-Bradley SLC-500.



Figura 15. PLC Allen-Bradley de Rockwell Automation.

Posee un Rack para 6 ranuras, su alimentación es mediante una fuente de poder de 220/110 VAC con salida 24VDC 2 Amp. con capacidad para la configuración de este rack. La CPU SLC 5/03 Soporta RS 232 y DH485.

Este PLC y la configuración de su rack está especialmente potenciada en aplicaciones de control análogo de procesos, específicamente PID, con capacidad para controlar una amplia gama de procesos que contengan transductores de presión o temperatura como electroválvulas neumáticas o variadores de frecuencia.

Debido a las comunicaciones industriales demostradas durante las visitas, el nivel de automatización de la planta Tenaris Tubocaribe alcanza el tercer peldaño de la pirámide de la automatización. El sistema de control supervisorio y adquisición de datos le permite lograr lo anterior, ya que le permite obtener datos de producción a nivel de Web y realizar monitoreos remotos a la planta física, razones basadas en la experiencia de las demostraciones.

5. PROBLEMÁTICAS Y POSIBLES SOLUCIONES A NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN, EN EL PROCESO ESTUDIADO

Mediante la información obtenida, expuesta anteriormente y recolectada durante las visitas y charlas con el personal de **TENARIS TuboCaribe S.A**, se procede a identificar las problemáticas y establecer posibles soluciones, a nivel de automatización, en el proceso industrial de esta empresa. Cualquier problemática o situación se presentará dentro de su tópico factor de la automatización industrial, de igual manera que en el capítulo anterior.

En la actualidad se presentan muchos casos en la cultura empresarial que son determinantes incluso en la planeación e inversiones de ella, especialmente en cuanto a maquinaria o infraestructura. Pensamientos objetivos como el porqué invertir si existe un buen funcionamiento (que se limita a cumplir con las expectativas de lo planteado), o visiones a corto plazo que se encargan de dar prioridad a otras necesidades de la empresa y que obviamente no incluyen las necesidades de la automatización; son algunos de muchos factores que pueden ocurrir en diversas industrias, sobretodo en aquellas ubicadas en países no muy desarrollados como el nuestro. La importancia radica en satisfacer la necesidad, justificando una frase popular 'El fin justifica los medios'. Es decir, cualquier alternativa es válida siempre y cuando elimine un inconveniente determinado. Esta situación es un caso extremo, sin embargo no está exenta de ocurrir, teniendo en cuenta las necesidades y su grado de urgencia, de cada empresa en particular.

5.1. ROL DE LOS OPERADORES

Los operadores son aquellas personas cuya labor consiste en aumentar el tiempo de operación normal de la planta. Es decir, ellos evitan situaciones peligrosas mediante la adecuada operación de instrumentos o maquinaria. Es el personal que tiene contacto directo y tangible durante mayor tiempo con la producción. En algunos casos éste es el personal que primero se entera, o sospecha de alguna posible anomalía en el proceso industrial. Esto expresa la importancia de cualquier operador en planta, y revela la necesidad no sólo de su entrenamiento, sino de su capacitación para evitar y porqué no, predecir hasta cierto punto cualquier falla que pueda volverse frecuente. Es muy común ver en nivel de planta soluciones algo apresuradas, y es normal, debido a que éste es el nivel que responde en el orden de segundos o hasta menos, según la pirámide de la automatización. Según la cultura empresarial actual, lo importante es que no se detenga la producción.

Debido a lo anterior, es importante que la capacitación de los operadores sea constante, por ende esto incluye una actualización ante cualquier evolución o cambio de las prácticas, métodos o tipos de mantenimiento. El presente estudio hace énfasis en la detección del origen de una falla, sin embargo en algunos casos los mismos operadores pueden tener un conocimiento y una habilidad que les permita evitar dicha falla en el futuro. El departamento de mantenimiento de Tenaris TuboCaribe es el encargado de esta tarea, y como tal también se encarga de las futuras fallas, es decir, un mantenimiento preventivo. Sin embargo es necesario un medio de información que tenga a los operadores al tanto de los avances del mantenimiento respectivo, en miras de comparar, verificar y fortalecer su conocimiento y criterio para bien de la producción.

5.2. CONTROL AVANZADO

Es muy importante estar al tanto de los resultados actuales en control de procesos. La finalidad de un sistema de control es mantener una estabilidad de operación deseada. La inversión inicial necesaria puede ser algo elevada, lo cual sabemos que elevaría las expectativas sobre todo a nivel de gerencia, sin embargo conocemos la importancia de estos sistemas en la industria.

Muchos de estos sistemas involucran equipos automatizados e instrumentación inteligente que reduce significativamente la mano de obra, y que a la vez exige una mayor capacitación al personal que quede al frente de una maquinaria de éstas características. La inversión inicial se vuelve entonces más viable a largo plazo, al reducirse los costos de producción, bajando el precio en el mercado y logrando una mayor competitividad. Como consecuencia el proceso productivo obtiene un extenso apoyo en tecnología y podría verse sometido indirectamente al desarrollo de ésta, en el sentido que se generen otras empresas con similar producto y que generen un poco más de competitividad por estar utilizando la tecnología más reciente en sus procesos de producción. Aunque este factor depende plenamente de la situación financiera, siempre es importante saber acerca del creciente desarrollo en tecnologías para el proceso como el control avanzado, ya que el conocimiento oportuno se convierte también en un elemento decisivo para las inversiones de esta clase. Adicionalmente, la nueva información siempre servirá para evaluar y si se presenta el caso, mejorar. Esto refleja una vez más la importancia de estar al tanto de los últimos resultados en control avanzado, y lo vital que puede ser la información nueva, que también se puede originar mediante vínculos con la academia.

5.3. ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN

Los recursos de administración de información son vitales puesto que constituyen el canal de información en tiempo real de todos los niveles jerárquicos de la empresa. Se pueden obtener intuitivamente la funcionalidad y la importancia de sistemas ERP, IMS ó MES al conocer el significado de sus siglas, sin embargo, nunca se lograrán conocer de igual manera el ciento por ciento de los beneficios que puede traer un sistema de éstas características a la empresa en general. Como son recursos que aplican la tecnología a la administración de la información, son muchas las alternativas de utilidades que se pueden presentar; y la lista aumenta más con las necesidades particulares de las diferentes industrias. Conocer los conceptos siempre permitirá indagar y entender la información obtenida, en miras de aumentar la competitividad mediante este recurso.

6. PERFIL DEL PROFESIONAL DE LA AUTOMATIZACIÓN

Durante el desarrollo de la metodología se realizaron tres encuestas formato ISA, que evalúan el perfil del profesional de la automatización. Numerosas tareas relacionadas con la automatización están ubicadas dentro de siete responsabilidades o dominios de desempeño. La encuesta busca evaluar la importancia, criticidad y porcentaje de tiempo dedicado a las diferentes tareas de cada dominio de desempeño, y por supuesto, a éstos últimos en general.

La evaluación de las tareas es un punto que no se puede evaluar en su totalidad, puesto que en una de las encuestas, las tareas de un dominio de desempeño (mantenimiento) no fueron llenadas, con el argumento de que es un área ajena a su trabajo de la cual no tiene un mayor conocimiento, y obedeciendo a las reglas de juego establecidas, referente a que la información transmitida, siempre es voluntaria.

Sin embargo, y para utilizar la totalidad de las encuestas, se realizó la evaluación de los dominios de desempeño en forma general, basados en la opinión de estos tres profesionales que laboran en algún área de la automatización. A estas tres personas se les llamó A, B y C, donde:

A = Ingeniero mecatrónico especialista en Gerencia de Proyectos.

B = Ingeniero de sistemas especialista en Gerencia de Proyectos.

C = Ingeniero con énfasis en Instrumentación y Control.

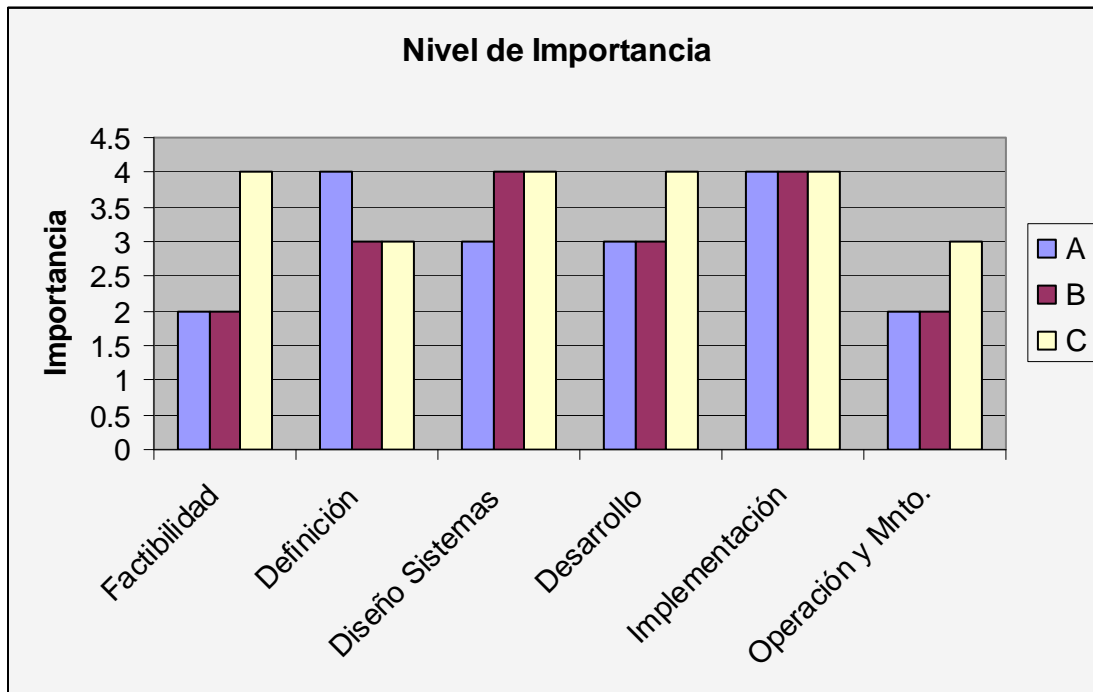


Figura 16. Comparación del nivel de importancia dados a los dominios de desempeño, por parte de los tres profesionales.

El gráfico ilustrado determina el gran nivel de importancia brindado al diseño, pero principalmente a la implementación de los sistemas. La totalidad de los encuestados estuvo de acuerdo en este nivel para la implementación, pues es donde ocurren errores más frecuentes y que afectan en gran parte el desarrollo normal del proceso. La definición es una gran responsabilidad para un especialista en gerencia de proyectos, pues es donde se establecen las estrategias de operación y la toma de decisiones para cada tarea. Es claramente comprensible que un ingeniero con énfasis en instrumentación y control brinde la máxima importancia a la factibilidad, mediante sus estudios determina aspectos decisivos como el grado de automatización necesario y el desarrollo de las respectivas estrategias coherentes, que influyen en el análisis económico para la viabilidad del proyecto.

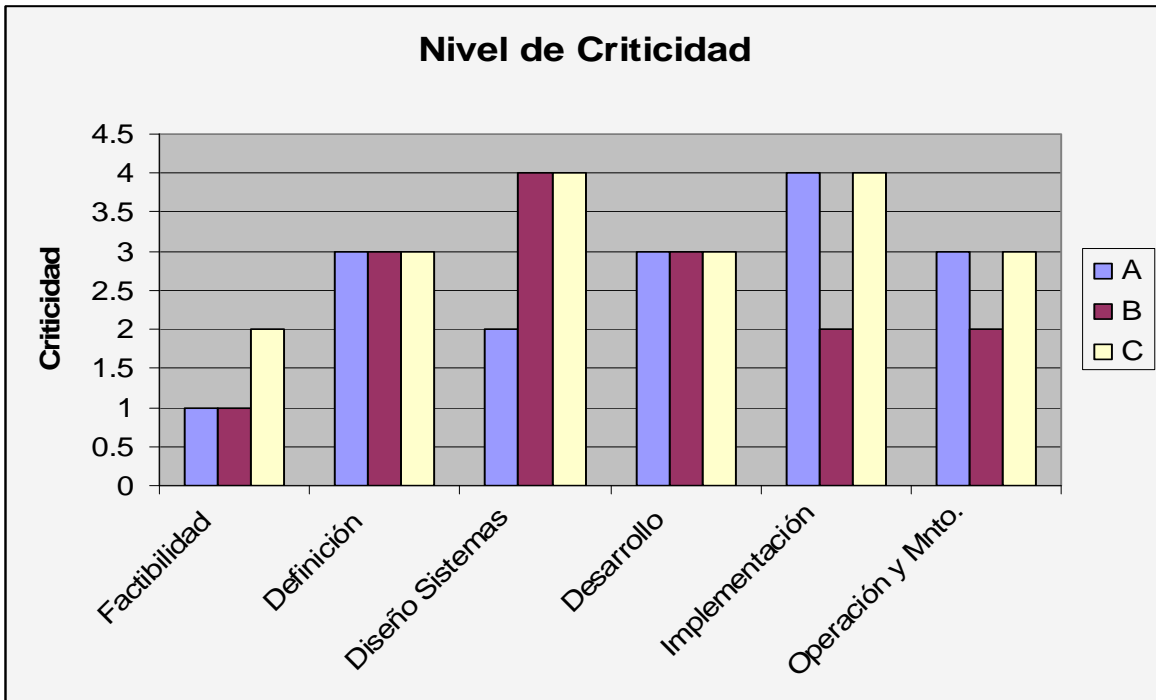


Figura 17. Comparación del nivel de criticidad dados a los dominios de desempeño, por parte de los tres profesionales.

Los dominios de desempeño que son considerados más importantes tienden también a tener el mayor nivel de peligro, en cuanto al posible daño que se pueda generar. Una falla en el diseño de un sistema siempre genera el peor daño, y una disminución en la consideración de su importancia refleja una disminución en la participación de tareas relacionadas con este dominio de desempeño. La misma situación se puede observar en la implementación, que refleja la cercanía de la instrumentación como un dato proporcional al nivel de criticidad. Tanto la definición como la operación y el mantenimiento, pueden tener un grado de peligro considerable, mientras que la criticidad de un estudio de factibilidad se verá poco a nivel de automatización, a pesar del término medio del profesional que le da la máxima importancia.

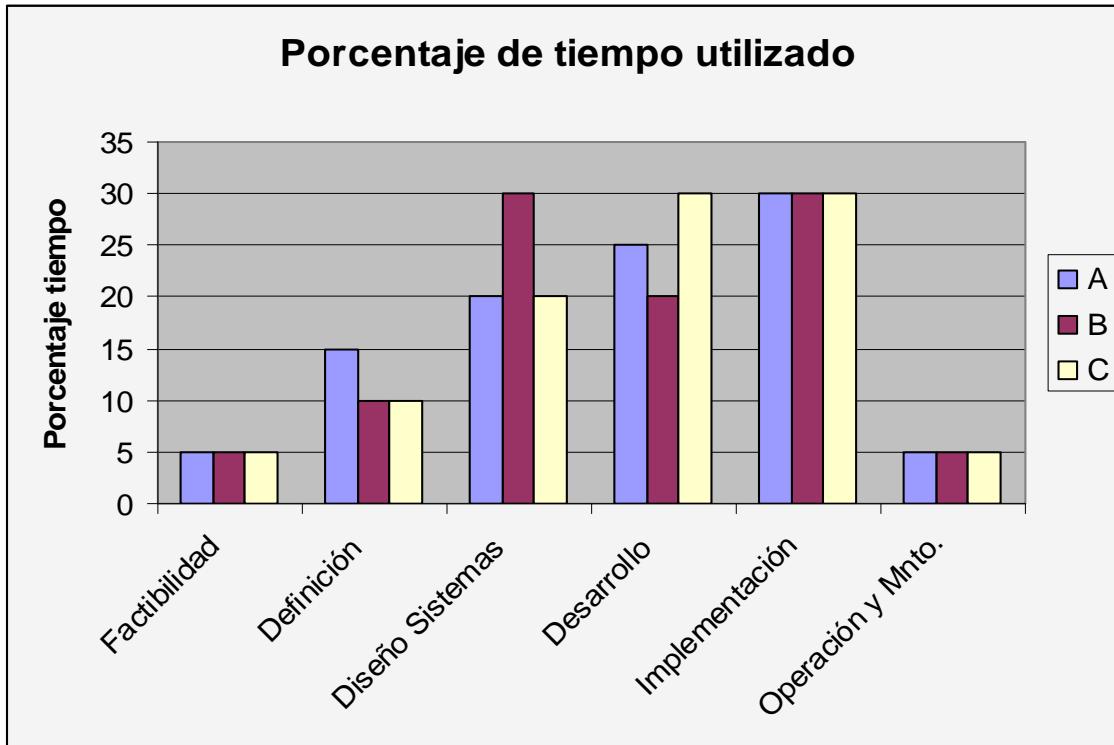


Figura 18. Comparación del tiempo de trabajo dado a los dominios de desempeño, por parte de los tres profesionales.

Según el porcentaje de tiempo dedicado a cada dominio, es muy lógico decir que las personas encuestadas no son las encargadas de operar instrumentos o determinar la viabilidad de un proyecto, a pesar de influir en la decisión. La mayor parte del tiempo es dedicado a responsabilidades como la implementación, el dominio con la mayor importancia brindada; al desarrollo y al diseño de sistemas. De esta manera todas las tareas realizadas diariamente por los encuestados tienen que ver con la automatización, tal como se confirma en los datos personales de estas personas.

La totalidad de los encuestados dedica no menos del 76% de su tiempo a tareas relacionadas con la automatización, lo cual refleja la pertinencia de los datos

suministrados en la encuesta. En forma general en la planta TuboCaribe laboran personas que en su gran mayoría no superan los 40 años. El 66% de los encuestados no supera los 30, sin embargo la totalidad de ellos tiene la especialización como su grado más alto de preparación, lo cual refleja la importancia de la formación, tanta o mayor que lo que significa una experiencia laboral.

7. CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo principal de este estudio se cumplió en su totalidad debido a que se recolectó la información necesaria para determinar el nivel de Automatización Industrial en Tenaris TuboCaribe. Mediante la descripción de su proceso productivo y el papel que desempeña la automatización industrial en esta empresa, se logró identificar algunas oportunidades de mejoramiento de su proceso de producción general. Este centro de producción se encuentra hasta la fecha de elaborado este estudio, en el tercer peldaño de la llamada 'pirámide de la automatización', al tener como punto más alto su sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), claramente definido y especificado en este estudio. A pesar de tener recursos para la administración de información, aún no se encuentra lo suficientemente desarrollado o implementado como para avanzar hacia los últimos peldaños de dicha pirámide.

La inversión en la automatización siempre se reflejará a mediado o largo plazo en una disminución de costos y aumento de la calidad de producción y competitividad empresarial. Debido a este plazo, siempre se coloca en tela de juicio la necesidad de implementarse. Si hablamos de un sistema de control, la automatización es de gran ayuda en la preservación de la estabilidad y rápida reacción ante cualquier perturbación. Ese punto de equilibrio es el elemento de mayor valor en la operación de una planta, y como debe tratarse de algo normal, su importancia es pasada por alto frecuentemente, especialmente a nivel gerencial y en la inversión de recursos. La integración de todos los niveles empresariales hace posible la comunicación e interpretación de los datos en tiempo real de lo producido,

generando información rápida y concreta que le puede interesar en gran medida a un usuario final. De esta manera se cumple también la satisfacción del cliente, política de Tenaris S.A. en especial cuando el mercado es tan variado y las aplicaciones numerosas y muy particulares.

Definitivamente la actualización es una herramienta útil y necesaria en cualquier situación, ya que puede brindar ayuda o informar sobre posibles mejoras, bien sea tecnológicas o a nivel de metodologías. El hábito de tomar medidas sólo ante la falla, es reforzado si no se está al tanto de los últimos resultados en cualquier campo. Es necesario buscar la nueva información y distribuirla, mediante canales que también permitan a personal como los operarios, acceder a ella. Cualquier rama de la ciencia y en especial de la ingeniería es basada en los estudios previos y conocimientos descubiertos que han evolucionado mediante las actualizaciones durante parte de la historia, en miras de la optimización de los procedimientos científicos y tecnológicos.

8. BIBLIOGRAFÍA

7.1. CLÁSICA

VILLA, José Luis. Guía: “Estado del Arte” de la Automatización Industrial en Cartagena de Indias: Sector Mamonal. Minor en Automatización Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2008.

ASM Handbook (Manual ASTM). Heat Treating (Tratamiento térmico). Vol. 4, 1991, 774.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de Normas Técnicas Colombianas sobre Documentación, Tesis y otros trabajos de grado. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996

7.2 SITIOS WEB

TENARIS. Página oficial TENARIS Colombia.

< <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB344.pdf> >

TENARIS. Página oficial TENARIS Argentina.

< <http://www.tenaris.com.ar> >

< <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB203.pdf> >

TENARIS. Página oficial TENARIS TAMSA.

< <http://www.tenaristamsa.com> >

< javascript:winopen('/TenarisTamsa/es/flash/flash.aspx',720,540,'no') >

BARALLA, Esteban. TOMMASI, Claudio. INTEGRATED SYSTEM FOR PROCESS CONTROL OF HIGH FREQUENCY ELECTRIC RESISTANCE WELDED STEEL PIPE.

< <http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/T-067.pdf> >

WIKIPEDIA. Enciclopedia Libre en Línea. Tratamientos térmicos.

< http://es.wikipedia.org/wiki/Aceros_tratados_t%C3%A9rmicamente >

WIKIPEDIA. Enciclopedia Libre en Línea. Tenaris.

< <http://es.wikipedia.org/wiki/Tenaris> >

INTRODUCCION A LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

< <http://www.interempresas.net/metalmecanica/Articulos/Articulo.asp?A=2506> >

PORTAL DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

< http://www.solomantenimiento.com/m_termicos-acero.htm >

TENARIS. Proceso de fabricación de tubos laminado en caliente.

< <http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB282.pdf> >

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. Tenaris Siderca, Argentina, Manufacture of steel pipes.

< <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/a37/a37b.html> >

PLC ALLEN-BRADLEY

<http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/slcsystem/index.html>